

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-274723

(43)Date of publication of application : 13.10.1998

(51)Int.Cl. G02B 6/255
G01R 19/00

(21)Application number : 10-033113 (71)Applicant : TELEFON AB L M ERICSSON

(22)Date of filing : 16.02.1998 (72)Inventor : ZHENG WENXIN

(30)Priority

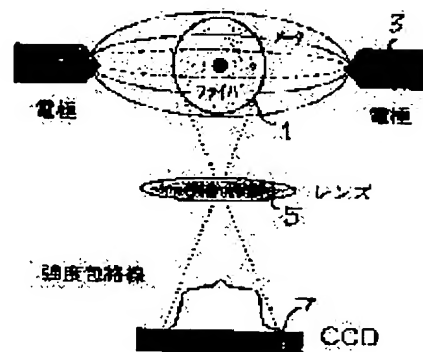
Priority number : 97 9700532 Priority date : 14.02.1997 Priority country : SE

(54) METHOD OF AUTOMATIC CURRENT SELECTION FOR SINGLE FIBER COUPLING AND DEVICE THEREFOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method and a device having a simple structure and permitting to be easily built in a commercially applicable coupling device for determining an optimal fusing current used at a time of coupling single fibers.

SOLUTION: A strength of light emitted from fibers is measured at a time of heating the fibers with a current between welding electrodes for determining an optimal current value used for welding end parts of two optical fibers. These currents are selected to be a current value considerably below a current range in which an optimal welding current value should be settled. From a relationship between measured optical strength values and several different set currents, a functional relationship is obtained, and by using this relationship, extrapolative calculation is operated for obtaining a current strength producing a higher brightness which is desired and becomes appropriate during actual welding.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 01.04.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-274723

(43) 公開日 平成10年(1998)10月13日

(51) Int.Cl.⁹

識別記号

F I

G 0 2 B 6/255

G 0 2 B 6/24

3 0 1

G 0 1 R 19/00

G 0 1 R 19/00

Q

審査請求 未請求 請求項の数25 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平10-33113

(22) 出願日 平成10年(1998) 2月16日

(31) 優先権主張番号 9 7 0 0 5 3 2 - 6

(32) 優先日 1997年2月14日

(33) 優先権主張国 スウェーデン (S E)

(71) 出願人 590003353

テレフオンアクチーボラゲット エル エ
ム エリクソン

スウェーデン国ストックホルム、ミドソン
マル克蘭セン、テレフオンブラン エル
エム エリクソンズ ベーグ 4-8

(72) 発明者 ウェンクシン、ゼング

スウェーデン国 ソルナ、ラドユルスステ
イゲン 6

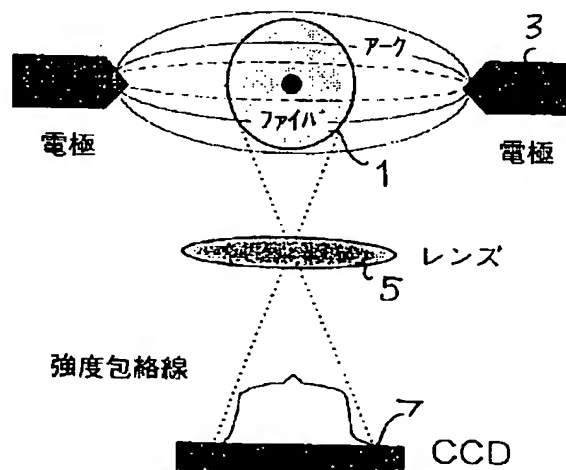
(74) 代理人 弁理士 浅村 皓 (外3名)

(54) 【発明の名称】 単一ファイバー接合のための自動電流選定方法および装置

(57) 【要約】

【課題】 単一ファイバーを互いに接合する際に用いられる最適な溶融電流を決定するための、簡単な構造を有し、商業上活用できる接合装置に容易に組み込むことが可能となる、方法および装置を提供する。

【解決手段】 2つの光ファイバーの端部を互いに溶接する際に用いられる最適な溶融電流を決定するために、溶接電極間の電流によってファイバーを加熱する際に、ファイバーから発光する光の強度を測定する。これらの電流は、最適な溶融電流が収まるべき電流範囲をかなり下回った電流値となるよう選択する。測定した光の強度値といくつかの異なる設定電流との間の関係から、関数的な関係が得られ、この関係を用いて、実際の溶接処理の間に望まれる適切なものとなるより高い光度を生み出す電流強度を求めるための外挿計算を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 2つの光ファイバーの端部を互いに溶接するために、電極間に流される溶融電流を決定する方法であって、

前記電極間に、前記端部を位置決めするステップと、
前記端部を加熱する溶融電流が収まるべき電流範囲よりも大幅に低い、異なる電流を前記電極間に流すステップと、
異なる電流を用いて前記端部が加熱された時に、前記端部から放出される光の強度を測定するステップと、
光の強度の測定値と、異なる電流との関係から、関数的関係を求めるステップと、
予め定めた望ましい光の強度値に等しい光の強度を与えるものとなる電流強度の推定値を求めるために、前記関数的関係を外挿するステップと、
前記推定値を溶融電流として採用するステップとからなる方法。

【請求項2】 請求項1記載の方法において、さらに、前記関数関係のテンプレートとして、テスト電流 i と初期電流値 i_0 との差の二乗の指数関数を採用するステップを有する方法。

【請求項3】 請求項2記載の方法において、前記指数関数が、下式で表される方法。

$$【数1】 I = A \exp [\alpha (i - i_0)^2]$$

ここで、 I は光の強度値、および A 、 α 、 i_0 はパラメータである。

【請求項4】 2つの光ファイバーの端部を各々接合するために用いる溶融電流を決定する方法であって、該接合は前記端部の加熱のための電極間に形成される電気放電によって行われ、前記接合の間に前記電極間に流れる電流が該溶融電流となり、前記方法が、
各々隣接しあう前記端部表面を前記電極間に位置決めするステップと、

前記端部を互いに接合させるときの温度を下回る温度に前記端部を加熱するために、第一の数の異なるテスト電流が前記電極間に流される時に、前記端部から放出される光の強度を測定するステップと、

光の強度測定値から、テスト電流に対する光の強度の独立性を定義する所定の一般的な関数の第二の数のパラメータの値を計算し、該計算では以前に決定したパラメータの値を用いるステップと、

前記第二の数のパラメータの値と前記計算に用いた以前に決定したパラメータの値を用いて、前記所定の関数に基いて、所定値に等しい光の強度を与えるものとなるテスト電流値を決定し、前記決定値を溶融電流として採用するステップを有する方法。

【請求項5】 請求項4記載の方法において、さらに、前記所定の一般的な関数のテンプレートとして、テスト電流 i と初期電流値 i_0 との差の二乗の指数関数を採用するステップを有する方法。

【請求項6】 請求項5記載の方法において、前記指数関数が、下式で表される方法。

$$【数2】 I = A \exp [\alpha (i - i_0)^2]$$

ここで、 I は光の強度値、および A 、 α 、 i_0 はパラメータである。

【請求項7】 2つの第一の光ファイバーの端部を各々接合するために用いる溶融電流を決定する方法であって、該接合は前記2つの第一の光ファイバーの端部の加熱のための電極間に形成される電気放電によって行われ、前記接合の間に前記電極間に流れる電流が該溶融電流となり、前記方法が、

前記2つの第一の光ファイバーを各々隣接しあう端部表面を前記電極間に位置決めするステップと、

前記2つの第一のファイバーを互いに溶融接合させる時の温度を下回る温度に前記2つの第一のファイバーの端部を加熱するために、第一の数の異なるテスト電流が前記電極間に流される時に、前記2つの第一の数の光ファイバーの端部から放出される光の強度を測定するステップと、

10 光の強度測定値から、テスト電流に対する光の強度の独立性を定義する所定の関数の第二の数のパラメータの値を計算するステップと、

前記第二の数のパラメータの値を用いて、前記所定の関数に基いて、所定値に等しい光の強度を与えるものとなるテスト電流値を決定し、前記決定値を溶融電流として採用するステップとからなる方法。

【請求項8】 請求項7記載の方法において、さらに、2つの第二の光ファイバーを各々隣接しあう端部表面を前記電極間に位置決めするステップと、

30 前記2つの第二のファイバーを互いに溶融接合させる時の温度を下回る温度に前記2つの第二のファイバーの端部を加熱するために、前記第一の数より低く各々異なる第三の数のテスト電流が前記電極間に流される時に、前記2つの第二の光ファイバーの端部から放出される光の強度を測定するステップと、

光の強度測定値から、テスト電流に対する光の強度の独立性を定義する予め定めた関数の第四のパラメータの値を計算するステップであって前記第四の数は前記第二の数の下回り、値を計算しないパラメータの値は、前記第二の数のパラメータの中に対応するパラメータの値に等しくなるように取られるステップと、

前記計算された第四のパラメータの値と前記第二の数のパラメータの中の適切な値を用いて、所定の関数に基いて、所定値に等しい光の強度を与えるものとなるテスト電流値を決定し、前記決定値を溶融電流として採用するステップとを有する方法。

【請求項9】 請求項8記載の方法において、前記2つの第二の光ファイバーは、前記2つの第一の光ファイバーと同一種類である方法。

50 【請求項10】 請求項8記載の方法において、前記第

一の数は2を上回り、前記第三の数は2である方法。

【請求項11】 請求項7記載の方法において、さらに、前記所定の関数のテンプレートとして、テスト電流 i と初期電流値 i_0 との差の二乗の指数関数を採用するステップを有する方法。

【請求項12】 請求項11記載の方法において、前記指数関数が、下式で表される方法。

$$【数3】 I = A \exp [\alpha (i - i_0)^2]$$

ここで、 I は光の強度値、および A 、 α 、 i_0 はパラメータである。

【請求項13】 請求項1から12記載のいずれかの方法において、さらに、

2つの光ファイバーの端部を互いに接合するステップを有し、

前記電極間に前記端部を位置決めするステップにおいては、該端部の表面は、同一点に配置あるいは接触させ、さらに、

前記電極間を流れる電流強度を、請求項1から12記載のいずれかで取られた溶融電流値に設定するステップを有する方法。

【請求項14】 電気放電によって2つの光ファイバーの端部を各々接合する際に用いる溶融電流を決定する装置であって、該装置が、

電極間に電気放電を形成するための電極と、前記電極に接続され、高電圧を電極間に印加し、電極間に電流を流すための駆動回路と、

2つの光ファイバーの端部を保持し、各々の端部を放電アーク中で位置合わせあるいは電極の点間で互いに接触しあう関係に位置決めするための、保持および位置決め手段を有し、上記装置は更に、端部から放出される光の強度を測定するための測定手段と、

前記測定手段と駆動回路に接続された制御手段であって2つの光ファイバーの端部の間で接合が行われる時には、端部を互いに溶融接合させる時の温度を下回る温度に端部を加熱するために、異なるテスト電流が電極間に流れるように駆動回路を制御するように、かつテスト電流に対して放出される光の強度を測定するように測定回路を制御するように構成された制御手段と、

測定手段によって測定された光の強度の値とテスト電流の強度値とから、外挿された電流強度値を外挿し、該外挿値に対して、予め定めた望ましい光の強度値に等しい光の強度を電極が発生するように、また、該外挿電流強度値を溶融電流値として用いるために制御手段に転送するための、前記測定手段と前記制御手段に接続された計算および決定手段とを備えている装置。

【請求項15】 請求項14記載の装置において、前記計算および決定手段は、テスト電流 i と初期電流値 i_0 との差の二乗の指数関数を用いることにより外挿を行うように構成される装置。

【請求項16】 請求項15記載の装置において、前記指数関数が、下式で表される装置。

$$【数4】 I = A \exp [\alpha (i - i_0)^2]$$

ここで、 I は光の強度値、および A 、 α 、 i_0 はパラメータである。

【請求項17】 電気放電によって2つの光ファイバーの端部を各々接合する際に用いる溶融電流を決定する装置であって、該装置は、

電極間に電気放電を形成するための電極と、

10 前記電極に接続され、高電圧を電極間に印加し、電極間に電流を流すための駆動回路と、

2つの光ファイバーの端部を保持し、各々の端部を放電アーク中で位置合わせあるいは電極の点間で互いに接触しあう関係に位置決めするための、保持および位置決め手段を有し、前記装置は更に、

端部から放出される光の強度を測定するための測定手段と、

前記測定手段と駆動回路に接続された制御手段であって、2つの光ファイバーの間で接合が行われる時には、

20 2つの光ファイバーの端部を互いに溶融接合させる時の温度を下回る温度に2つの光ファイバーの端部を加熱するために、異なるテスト電流が電極間に流れるように駆動回路を制御するように、かつテスト電流に対して放出される光の強度を測定するように測定回路を制御するように構成された制御手段と、

前記制御手段に接続された記憶手段と、

前記測定手段によって測定された光の強度の値とテスト電流の強度値とから、また前記記憶手段に以前に格納した他のパラメータを用いることにより、テスト電流に対する光の強度の独立性を定義する所定の一般的な関数のパラメータを計算するための、前記測定手段と前記制御手段と前記記憶手段に接続された計算手段と、

30 前記計算手段によって計算されたパラメータを用いて、前記所定の一般的な関数に基き、所定値に等しい光の強度を与えるテスト電流値を決定し、該決定値を溶融電流値として用いるための、前記計算手段に接続された決定手段とを備えている装置。

【請求項18】 請求項17記載の装置において、

前記計算手段は、前記所定の一般的な関数として、テスト電流 i と初期電流値 i_0 との差の二乗の指数関数を用いるように構成される装置。

【請求項19】 請求項18記載の装置において、前記指数関数が、下式で表される方法。

$$【数5】 I = A \exp [\alpha (i - i_0)^2]$$

ここで、 I は光の強度値、および A 、 α 、 i_0 はパラメータである。

【請求項20】 電気放電によって2つの光ファイバーの端部を各々接合するための溶融電流を決定する装置であって、該装置は、

50 電極間に電気放電を形成するための電極と、

前記電極に接続され、高電圧を電極間に印加し、電極間に電流を長洲ための駆動回路と、

2つの光ファイバーの端部を保持し、各々のファイバーの端部を放電アーク中で位置合わせあるいは電極の点間で互いに接触しあう関係に位置決めするための、保持および位置決め手段とを有し、前記装置は更に、端部から放出される光の強度を測定するための測定手段と、

前記測定手段と駆動回路に接続された制御手段であって、2つの光ファイバーの端部の間で接合が行われる時には、端部を互いに溶融接合させる時の温度を下回る温度に端部を加熱するために、第一の数の異なるテスト電流が電極間に流れるように駆動回路を制御するように、かつテスト電流に対して放出される光の強度を測定するように測定回路を制御するように構成された制御手段と、

前記測定手段によって測定された光の強度の値とテスト電流の強度値とから、テスト電流に対する光の強度の独立性を定義する所定の一般的な関数のための第二の数のパラメータを計算するための、前記測定手段と前記制御手段に接続された計算手段と、

前記計算手段によって計算されたパラメータを用いて、前記所定の関数に基き、所定値に等しい光の強度を与えるテスト電流値を決定し、該決定値を溶融電流値として用いるための、前記計算手段に接続された決定手段とを備えている装置。

【請求項21】 請求項20記載の装置において、前記制御手段と前記計算手段とに接続され、少なくともひとつの第二の数のパラメータを格納するための記憶手段を備え、

2つの光ファイバーの端部の間で接合が行われる時には、前記記憶手段が依然の測定期間中に計算されたパラメータを保持している場合には、ファイバーを互いに溶融接合させる時の温度を下回る温度に端部を加熱するために、第三の数の各々異なる値をもつテスト電流が電極間に流れるように、ここで該第三の数は前記第一の数を下回り、かつ、第三の数のテスト電流に対して端部から放出される光の強度を測定するように測定回路を制御するように前記制御手段を構成し、前記装置はさらに、測定された光の強度の値から、前記所定の関数のための前記第二の数を下回る第四の数のパラメータを計算し、かつ計算されないパラメータは前記記憶手段から検索し計算に用いるように構成された計算手段と、

前記第四の数のパラメータと検索されたパラメータとを用いて、所定の一般的な関数に基き、所定値に等しい光の強度を与えるテスト電流値を決定し、接合される2つの光ファイバーの端部のための溶融電流値として該決定値を用いるように構成された決定手段を備えている装置。

【請求項22】 請求項20記載の装置において、

前記計算手段は、前記所定の関数として、テスト電流 i と初期電流値 i_0 との差の二乗の指数関数を用いる装置。

【請求項23】 請求項19記載の方法において、前記指数関数が、下式で表される方法。

$$【数6】 I = A \exp [\alpha (i - i_0)^2]$$

ここで、 I は光の強度値、および A 、 α 、 i_0 はパラメータである。

【請求項24】 請求項21記載の装置において、前記第一の数は2を上回り、前記第三の数は2である装置。

【請求項25】 請求項14から24記載のいずれかの装置において、該装置は、2つの光ファイバーの端部を互いに接合するために構成され、前記保持および位置決め手段は、端部が実質的に互いに接触して配置されるように構成され、前記制御手段は、電極間に流す電流を、請求項14から24記載のいずれかで取られた溶融電流値と等しい電流を電極間に流し、かつ2つの光ファイバーの端部を互いに溶融接合させるのに十分な時間の間に該電流を流すための駆動回路を制御するように構成される装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、電極間に発生した放電アークを用いて単一ファイバー間を接合する際に用いられる、最適な溶融電流を決定する方法および装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 電極間に発生する放電アークを用いて光ファイバーを溶融接合する際に、最善の方法で選択される最も重要となるパラメータの一つは、アーク中の電極間に流れる電極電流すなわち溶融電流である。低損失特性を持ち十分な強度を備えた接合点を得て、接合点の光損失を正確に評価するためには、電極電流を正確に決定する必要がある。この課題については、IEEEの文献ダブリュー、ツェン“光ファイバー接合のためのアーク溶融のリアルタイム制御”、アイ・イー・イー・イー光ファイバー利用技術ジャーナル、11巻、4号、548-553ページ(W. Zheng, “Real time control of arc fusion for optical fiber splicing” IEEE J. of Lightwave Technology, Vol. 11, No. 4, pp. 548-553”)が参考になる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 異なる製造元からのファイバー、単一モードやマルチモードといった異なる目的のために製造されたファイバー、チタンや炭素をコーティングするといった異なる処理を用いた製造方法を経たファイバー等は、各々異なる溶融電流を必要とすることが多い。同一種類のファイバーであっても、溶接処理

が施される場所の標高が100mから5000mに変化すると大気圧の差によって、溶融電流は70%まで増加させなければならない。さらに、多数回の接合処理の後では、シリカ製のファイバーから蒸発した粒子が、溶融接合に用いられる電極の表面に徐々に堆積するために、溶接電極の条件を変えるために溶融電流を再調整しなければならないことが多々ある。適切な溶融電流を求めるために、文献ジー・キス“外部プラントにおける高収率溶融接合：電極状態の監視のためのファイバームルトバック”、米国ファイバーオペレーション工学会議、デンバー、米国、1996年9月(G. Kiss, "High yield fusion Splicing in the outside plant: using fiber meltback to monitor electrode condition" National Fiber Operation Engineering Conference, Denver, USA, Sept. 1996)に掲載され、よく知られている再溶融方式を始めとして、大気圧センサを用いた方式、スウェーデン特許第9501589-7号「オフセット接合方式による光ファイバー接合のための自動溶融温度制御」に開示されているオフセット接合方式等、多様な異なる方法が開発されてきた。本発明の目的は、単一ファイバーを互いに接合する際に用いられる最適な溶融電流を決定するための、簡単な構造を有し、商業上活用できる接合装置に容易に組み込むことが可能となる、方法および装置を提供することにある。

【0004】

【課題を解決するための手段】2つの光ファイバーの両端を互いに溶接するために、電極間に流すべき最適な溶融電流の決定は、「ファイバーから発光する光の強度は、溶接電極間の放電アーク中でファイバーを加熱する際に用いられる電流に依存しており、溶接処理中のファイバー端部の温度は一定であると時にファイバー間の最適な接合が得られ、これは標高等などの周囲状況に依らない」という仮説に基づくものである。ファイバーから放出される光の強度は、最適な溶融電流が収まるべき電流範囲をかなり下回った電流を用いてファイバーが加熱される時に、測定される。測定した光の強度値と異なる加熱電流との間の関係から、関数的な関係が得られる。この関係は、実際の溶接処理の間に望まれる適切な光の強度に等しいより高い光の強度を生み出す電流強度を求めるための外挿計算に用いられる。各々の接合処理で2つのパラメータのみを測定すればよい指数関数型の関係を適用することができ、これによれば、アーク中で加熱するファイバーに対する2つの異なる電流のみで、最適な溶融電流を決定することができる。この方式は、高度な画像処理と論理、演算機能をもった自動接合装置に容易に組み込むことができる。上記の方式を用いることに

よっても、再溶融方式のようにファイバーの端部が損傷を受けることもなく、大気圧センサを用いた方法よりも信頼性は高く、実際の接合操作に適用することは、オフセット方式に比べても格段に簡単なものとなる。本発明の他の目的と利点は、以下の記述によって開示され、一部は記述からあるいは発明の実施により判明するものである。本発明の目的および利点は、付記した請求項で特に示された方法、処理、手段および組み合わせによって確認され得るものである。

【0005】

【発明の実施の形態】以下、図を引用して、本発明の実施例を説明する。

1. 基本的な考え方

図1に、光ファイバーの自動接合装置の基本構成を示す。光ファイバー1は、電極3の両点の間に位置する端部領域を有する。この電極間には、ファイバー端部を加熱するために電気的なグロー放電が発生され、この電氣的放電の強度は、電極3の間の電流強度により制御される。レンズ5によって表わされる光学システムは、例えば、CCD素子を搭載している平板であるカメラ7の感光領域へ、ファイバー端部を投影する。この種類の光ファイバーの自動溶融接合装置では、感光領域からの電気信号を処理し、これによって使用されるファイバー、およびファイバー位置決め装置を制御する接合処理を監視するためのデジタル画像処理システムが設けられている(図7参照)。このような自動光ファイバー接合装置の画像処理システムは、以下の説明から明らかになるように、ファイバー温度を監視し、溶融電流を制御するための最適な手段の一つである。光ファイバーが加熱される時には、ファイバーから放出される熱放射は、ビデオカメラ(図1の参照番号7)を用いて観測され、接合装置のデジタル画像処理システムを用いて解析される。例えば、ダブリュー・ツェン、オー・ハンテン、アール・リランダー“エルビウム添加ファイバーの接合と接合損失評価”、アイ・イー・イー・イー 光ファイバー利用技術ジャーナル、12巻、3号、430-435ページ(W. Zheng, O. Hunten and R. Rylander, "Erbium-doped fiber splicing and splice loss estimation", IEEE J. of Lightwave Technology, Vol. 12, No. 3, pp. 430-435, March 1994)に記されるものがある。スブライシングの間は、加熱されたファイバーからの熱放射率、あるいは発光強度は、ファイバー端部での温度の関数となっている。これについては、片桐他“熱放射を用いた添加物含有シリカファイバーの芯線の直接観察方法”、エレクトロニクス アンド コミュニケーション イン ジャパン、71巻、11号、85ページ、1998年(T. Katagiri et al., "Di

rect core observation method using thermal radiation of silica fibers with dopants", Elec. and Comm. in Japan, Vol. 71, No. 11, pp-85, 1998) に示されるように、そこでは、異なる溶融電流について、ファイバー軸に垂直な線に沿った光の強度が図示されている。溶融電流と高度の関係は、ピーク値検出、ファイバー部分あるいは全体の平均値計算などのいくつかの異なる方法で測定することが可能である。

【0006】図3には、7種類の異なるファイバーの種類について、例えば、ファイバー軸に垂直な線に沿って、ファイバー直径の約半分の幅を有するように取られたファイバーの中心領域での平均光の強度の測定値を、溶融電流の関数として示されている。本グラフの横軸の単位は、カメラシステムによって得られたグレースケールで表わしている。光の強度値は、ファイバー中心部の69 μ mの長さ(図2の-30 μ mから+30 μ m)を有する垂直線の平均読み取り値によって計算される。図*20

$$I = A \exp[\alpha(i - i_0)] \quad (1)$$

ここで、振幅Aは、画像処理システムの特性に関連した値であり、減衰率 α および初期電流 i_0 は、ファイバー種類に関連した値である。これらの係数は、式(1)を測定データに対して曲線をあてはめること(カーブフィッティング)により決定することができる。これにより、係数 α とAは、7種類のファイバー全てについて、ファイバー種類に依存しないことが判明する。測定に用いたテストシステムでは、減衰率 α の0.03と、振幅*

*3での略記/記号は、以下の意味をもつ。

SM: 単一モードファイバー

DS: 分散シフト(dispersion shifted)ファイバー

Titanium: チタンが被覆されたファイバー

MM: マルチモードファイバー

本図より、取り込まれた画像の平均強度(最大強度ではない)が150グレースケール(GS)を上回った時に、カメラの自動ゲイン制御(AGC)機能が働くことが明確に分かる。通常、もし一つの画像中の最大強度が、255の異なるグレースケール値あるいは単位を有する16ビット解像度に対して、200グレースケール単位を上回るならば、このようなデジタルカメラのAGC機能が働き、取り込まれた画像の平均強度は減少する。このように、16ビットカメラは、そのダイナミックレンジを増加させることができる。

【0007】AGCが働く前の領域では、加熱されたファイバーの平均光の強度Iと溶融電流iとの間の関係は、次式により近似的に表わされる。

【数7】

*Aの18の値は、すべてのファイバー種類に一貫して有効である。初期電流 i_0 は、唯一、ファイバー種類に依存した値である。式(1)と測定データの間のカーブフィッティングによって決定されたこれらのパラメータ値を、7種類のファイバーについてまとめたものを表1に示す。

【0008】

【表1】

ファイバー種類	α	A	i_0 (mA)
単一モードファイバー (MCVD)	0.03	18	6.2
単一モードファイバー (OVD)	0.03	18	6.3
分散シフト (MCVD)	0.03	18	5.7
分散シフト (OVD)	0.03	18	6.4
チタン被覆ファイバー(Titan)	0.03	18	4.3
マルチモードファイバー (MM)	0.03	18	4.5
シリカコアファイバー	0.03	18	7.1

カーブフィッティングにより得られたパラメータを用いて計算された曲線(1)と4種類のファイバーについての実測値との間の比較を図4に示す。ここでは、光の強度を、用いた溶融電流の関数として描いており、異なる点記号は測定値を表わし、グラフは計算により選ばれた曲線を表わしている。AGCが動作する前、すなわち、用いたシステムでは、光の強度が160グレースケール単位を下回る場合には、計算値と実測値の間に良好な一致が見られる。表1の7種類のファイバーについての、溶融電流と平均光の強度との間を計算により求めた関係を図5に示す。全ての種類のファイバーについて、光の

40 強度が垂直の点線で示したしきい値に達した時に、最適な溶融電流が得られる。

【0009】図5に示した計算により求めた関係について、最適な溶融電流(OVDでは16mA、MCVDでは15.5mA、マルチモードファイバーでは13.5mA、シリカコアファイバーでは16.5mA)が、ほぼ同一の、約300グレースケール単位の光の強度 I_{th} で得られることが分かる。この現象は、あらかじめ定めた光の強度しきい値を用いて、任意の高さの全ての種類のファイバーについての最適な溶融電流を決定することができることを示している。しかし、このしきい値は、

カメラのダイナミックレンジの制約から、物理的に実現できるものではない場合がある。したがって、各接合に対しては、溶融電流はかなり低めの値（例えば、10mA）から流し始め、少しずつ増加させることが可能である。その間に、ファイバー端部の光の強度を実時間で測定することができる。光の強度が所定のしきい値に達した段階で、溶融電流を一定に保ち、そのまま接合作業の終了まで保持する。しかし実際には、溶融時間は、複数の測定を用いて溶融電流を増加させるのに要するほど長くとることが許されない場合が多い。また、溶融電流を高いレベルまで上昇させファイバーの一部がかなり明るくなった時には、自動ゲイン制御（AGC）が働いてしまい、式（1）の関係が成立しなくなる場合もかなり多い。したがって、正確な最終的な溶融電流を求めるために、ファイバー輝度の低い段階でいくつかの溶融電流のみを用いる方法が必要となる。これについて以下説明する。

【0010】2. 溶融電流の計算

表1から、全ての種類のファイバーについて、減衰率 α と振幅Aは一定であることが分かる。これらの2つのパラメータの値が事前に分かるならば、未知のパラメータは初期電流 i_0 のみとなる。そこで、最適に選ばれた電流について光の強度を一回だけ測定するだけで十分であり、次に、式（1）の光の強度関数は完全に既知となり、関係式（1）にしたがって高度 I_{th} を与える電流値を求めることによって、最適な溶融電流を決定すること*

$$i_0 = i_0 = \frac{i_1 + i_2}{2} + \frac{1}{2\alpha(I_1 - I_2)} \ln \frac{I_1}{I_2} \quad (4)$$

さらに、式（2）から次式が得られる。

※ ※ 【数11】

$$A = I_1 \exp[-\alpha a (i_1 - i_0)^2] \quad (5)$$

【0012】従って、AGCあるいはCCDカメラのダイナミックレンジの制約から物理的には実現不可能な理論上の強度しきい値について、 i_1 、 i_2 、 I_1 と I_2 に関する関係式から、対応する電流 i が次式によって得られる。

【数12】

$$i = \frac{i_1 + i_2}{2} + \frac{1}{2\alpha(I_2 - I_1)} \ln \frac{I_1}{I_2} + \sqrt{\frac{1}{\alpha} \ln \frac{I_{th}}{I_1} + \left(\frac{i_1 - i_2}{2\alpha(I_2 - I_1)} \ln \frac{I_1}{I_2} \right)^2} \quad (7)$$

【0013】もし、 $i_1 + 1 = i_2$ となるように、すなわち、高いほうの電流強度 i_2 が低いほうの電流強度 i_1 より1mA大きいとした場合、次式（7）が得られる。

【数14】

$$i = i_0 + \sqrt{\frac{1}{\alpha} \ln \frac{I_{th}}{I_1} + (i_1 - i_0)^2} \quad (8)$$

ここで、次式（9）が成り立っている。

【数15】

* ができる。溶融電流の異なる値について少なくとも3回の測定により、全てのパラメータ α 、A、 i_0 を決定することができる。しかし、振幅Aは、光学システム、例えば、その輝度調節特性に直接関連することは明らかであり、もしなんらかの調整が異なる測定と接合処理の間になされた場合には、振幅Aは容易に変化する。このため、振幅Aを常に一定に保つことは困難となる。しかし、振幅Aは、まずはじめにいくつかの電流値に対応した光の強度を測定し、次にそれに応じた接合のための溶融電流を設定することからなる処理のために、変化しないようにすることが可能である。従って、振幅と初期電流の2つのパラメータを決定することが常に必要となり、一方、減衰率の値は既知となっていることから、少なくとも2つの測定が必要となる。

【0011】このように、2つの異なる電流 i_1 と i_2 について2つの測定を行う。ここでは、 $i_1 < i_2$ である。2つの対応する強度 I_1 と I_2 は、式（1）から、次式で与えられる。

【数8】

$$I_1 = A \exp[\alpha (i_1 - i_0)^2] \quad (2)$$

そして、

【数9】

$$I_2 = A \exp[\alpha (i_2 - i_0)^2] \quad (3)$$

式（2）、（3）より、次式が得られる。

【数10】

$$\star \quad i = i_0 + \sqrt{\frac{1}{\alpha} \ln \frac{I_{th}}{A}} \quad (6)$$

式（4）、（5）を式（6）に代入することにより、次式が得られる。

【数13】

$$i_0 = \frac{i_1 + i_2}{2} + \frac{1}{2\alpha} \ln \frac{I_1}{I_2} \quad (9)$$

【0014】式（8）を用いて、 $i_2 = i_1 + 1$ の関係をもち最適な動作領域に位置するように設定された i_1 、 i_2 について、電流強度 i_1 で光の強度 I_1 を測定し、電流強度 i_2 で光の強度 I_2 を測定することにより、予め定めた強度しきい値 I_{th} から望ましい溶融電流を計算により求める。もちろん、1mAのステップ以外の他の値も電流を変化させる幅として適用可能であり、このような場合にも、式（7）を用いることができる。

【0015】3. 溶融電流の巧みな選択

式(8)あるいは(7)を用いて、溶融電流の巧みな選択を、従来の自動ファイバー溶融接合装置に組み込むことができる。この方法は、このような溶融接合装置でテストされ、表2に示すような異なるテスト(初期)電流に対しても、非常に安定した良好な結果が得られた。表1と同様に、7種類のファイバーを用いて、多数の接合に適用した。各々の種類のファイバーについて、異なる初期電流に対して0.5mA以下の標準偏差を以って、最適な溶融電流が得られた。

*10 【表2】

i_1 (mA)	9	10	11	12	13	14	平均	STD
SM (MCVD)	16.69	16.24	15.81	15.74	15.78	NA	16.05	0.37
SM (OVD)	16.70	16.29	15.74	16.25	15.84	16.23	16.17	0.32
DS (MCVD)	16.16	15.19	15.39	15.20	15.41	NA	15.47	0.36
DS (OVD)	16.43	15.32	16.10	16.19	15.88	16.75	16.11	0.45
Titanium	13.92	13.96	13.45	NA	NA	NA	13.78	0.23
MM	14.43	14.16	13.72	14.08	NA	NA	14.09	0.25
シリカコア	17.13	16.86	17.34	16.99	16.30	16.78	16.90	0.32

式(8)および(9)を用いて、溶融電流を巧みに選択する仕掛けを、自動型のファイバー溶融接合装置に容易に組み込むことができる。この処理手順のフローチャートを図6に示す。

【0017】処理手順は、ブロック501から開始し、そこでは通常の溶融処理が開始される。このステップでは、ファイバー端部の必要となる粗い位置合せが行われ、次に、ブロック503にて、接合させ合う2つのファイバー端部の表面が互いに重なりあうまで待ちの状態になる。次に、ブロック505に進み、上記 i_1 に対応するテスト電流 I_1 が、なんらかの適した方法により、例えば、ある妥当な間隔を以って、かなり高い値に設定される。もし何らかの値がすでに格納されているならば、それを用いることもできる。次に、ブロック507に進み、画像を取り込み、強度 I_1 を求めるために解析される。例えば、上述したように、強度 I_1 は、ファイバー端部に垂直な線に沿った平均光の強度となるように決めることも可能であり、ここで、垂直線は、ファイバーの長さ方向の軸について中心で対称となる位置とし、例えば、ファイバーの幅の半分の長さを含むものであってよい。次のブロック509では、測定した強度 I_1 が、最小の光の強度値 I_{min} を下回るかどうかを判定する。最小の光の強度値 I_{min} は、受け入れられる測定を可能とするような最小値に設定され、すなわち、測定システムのノイズレベルを十分上回るように設定される。もし、ブロック509での判定により、測定され解析された光の強度が測定目的に相応するものであること、すなわち、最小光の強度 I_{min} を下回ることがないことが判定されたならば、次に、ブロック511に進

*【0016】7種類のファイバーに対して、異なる初期電流 i_1 に関して、溶融電流が従来の接合装置によって自動的に選択された。記号“NA”は、測定値がここでは適用できない、すなわち、 $I_1 < I_{min}$ 、または $I_1 > I_{max}$ となる場合に用いられることを指している。これらの結果を得るために用いられたパラメータとして、 I_{min} は300グレースケール単位、 I_{max} は15グレースケール単位、 I_{max} は170グレースケール単位である。

む。そこでは、測定され解析された光の強度 I_1 が、最大光の強度値 I_{max} と比較される。最大光の強度値 I_{max} と等しいかそれを上回る光の強度値に対して、カメラのAGC機能が働き、測定結果を歪ませるように、最大光の強度値 I_{max} が選択される。もし、ブロック511で、測定された光の強度 I_1 が最大光の強度値 I_{max} を上回ることがないと判定されたならば、次に、ブロック513が実行される。ブロック513では、次の測定のために用いられる i_2 に対応したテスト電流値 i_2 が決定され、前回測定に使われたテスト電流値 i_1 に対してある一定値、例えば、上述したような値、1mAを加えた値に設定し、すなわち、 $i_2 = i_1 + 1$ (mA)とする。次に、ブロック515で、テスト電流 i_2 ($= i_1 + 1$)に対して、新たな画像が取り込まれ、この取り込んだ画像を用いて、測定され解析された第2の強度 I_2 が決定される。さらに、ブロック517では、まず、第2の測定および解析強度 I_2 が、最大光の強度値 I_{max} を上回るかどうかを判定する。また、ブロック517では、式(9)に従って、前回決定され初期電流 i_1 を計算し、計算して得られた初期電流 i_1 が、第一のあるいは以前に用いられたテスト電流 i_1 を上回るかどうかを判定する。もし、ブロック517での2つの判定結果がNOであるならば、採用されたテスト電流(i_1 と i_2)は、最適な溶融電流を決定するために最適なものと判断される。従って、ブロック519にて、式(8)に従い、格納された減衰率 α の値を用いて、溶融電流 i が計算される。次に、ブロック521にて、第一の用いられたテスト電流 i_1 は、以降の次の接合に用いられるよう、プロセッサメモリに格納される。最後に、ブロッ

ク523にて、決定された溶融電流 i が、接合装置にて2つのファイバー端部の間で実行される実際の接合処理に用いられる。

【0018】もし、ブロック509にて、第一の測定光の強度 i_1 が最小光の強度値 I_{min} を下回ると判定されたならば、その次にはブロック525が実行される。ここでは、用いられた第一のテスト電流値を何らかの適当な値、例えば1mAで更新することにより、取り込んだ画像でより大きな光の強度を得るために、新たな第一のテスト電流値が得られる。次に、ブロック527において、新たな第一のテスト電流値 i_1 ($=i_1$) をチェックして、その値が有効な範囲、例えば5mAから30mAの間にあることを確認する。もし、新たな第一のテスト電流値がこの範囲にあるならば、第一のテスト電流値のために再度ブロック505を実行する。もし、新たな第一のテスト電流値が、この範囲の外にあるならば、有効なテスト電流が選択できなかったことを適切な方法でブロック529にて通知、表示し、ブロック531で処理手順を終了する。

【0019】もしブロック511で、測定された光の強度 I_1 が最大光の強度値 I_{max} を上回り、AGC機能の動作により測定結果に歪みを与えると判断されたならば、次にブロック533を実行する。この場合、明らかに光の強度は高すぎるため、テスト溶融電流を減少させる必要があり、用いられた第一のテスト電流を、適切な更新値、例えば、3mAだけ現象させ、新たなテスト電流 i_1 を、 $i_1 = i_1 - 3 \text{ (mA)}$ として求める。ブロック533の処理後、前述のようにブロック527にて、新たな第一のテスト電流値をテストし、その値が有効な範囲内にあるかどうかを確認し、前述の処理手順を

【0020】もし、ブロック517にて、判定条件のいずれかが成立し、すなわち、第二の光の強度測定値 I_2 が最大光の強度 I_{max} を上回るか、初期電流 I_0 が第二のテスト電流値 i_2 を上回るならば、用いられたテスト電流は明らかに高すぎるため、この値を現象させる必要がある。ここで、ブロック517で判定する後者の条件は、式(1)の指数曲線の不適切な部分にもとづいて測定したことを意味している。従って、次に、ブロック533にて、既述したように、第二のテスト電流を、あらかじめ定めた値だけ減少させる処理を実行する。ブロック533の処理後、ブロック527に進み、前述の処理手順を継続する。上記の方法は、光ファイバーを接合(スプライシング: splicing)するために、自動画像処理および位置決め装置によって実行するのに有利なものとなっている。この装置の概略構成を図7に示す。

【0021】図7の概略構成図では、自動型のファイバー接合装置は、ファイバー端部を固定し、位置決めおよび接合処理の間保持するための保持器9を有するものと

なっている。保持器9は、光ファイバーの長さ方向に平行かつ垂直2方向に対して、直交する3軸方向に動くようになっており、この垂直2方向、光源11からの放射光の照射方向に対して垂直にもなっている。保持器9は、制御モータ13によって、適切な機械的なガイド部(図示せず)に沿って動作する。電極37、モータ13および光源11への電導線は、電子回路モジュール15中に各々配置された、特に、駆動回路17、19および21から延長されている。TVカメラ7からは、電子回路モジュール内のビデオインターフェース23に配置されており、このビデオインターフェースからは、モニター26に表示される画像を再生する画像処理解析ユニット25に適切な画像信号が供給されている。光ファイバーを溶接するための様々な処理ステップが、例えば、適切なマイクロプロセッサにより構成された論理回路27によって制御されている。論理回路27は、最適な溶融電流を決定し、この電流値のもとでファイバー1を接合するための上述した処理ステップを実行するためのサブモジュールから構成されている。論理回路27は、モータ13を適切な方向に動作させることにより、接合させるファイバー1の端部の各々の間のずれを制御するための汎用制御サブモジュール29を含んでおり、また、取り込んだ画像の解析と光の強度を決定する処理を開始するために、画像処理解析ユニット25に信号を出力する。さらに、制御回路29は、適切な信号を光源11の駆動回路21に送り、光源11の動作と電極43への高電圧印加を制御し、その印加時間を設定し、電極間の電流を所定の値に設定するために、適切な値を駆動回路17に送る。さらに、メモリ31は、以前に決定した減衰率 α 、以前に用いたテスト電流などのパラメータを記憶するために用いられる。計算回路33は、式(8)および(9)の関数値を求めるなど必要なパラメータの計算を実行し、次に、メモリ31に以前に格納されたパラメータを使えるようになっている。最後に、決定回路35は、光の強度しきい値 I_{th} を与える電流強度を決定するために提供されている。

【0022】本発明のさらに別の利点や変形も、いわゆる当業者であれば容易に考えられるであろう。従って、本発明は、上述した特定の細部や、代表的な装置、例示した事例に限定されるものではない。従って、請求の範囲およびその均等範囲によって定めらる本発明の一般的発明概念の精神すなわち範囲を逸脱することなく、様々な変形が可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】放電を用いて光ファイバーを加熱し、加熱された光ファイバーの光の強度特性を光学システムを用いて求めるための、光ファイバー接合装置の構成の概要図。

【図2】9mAから18mAの異なる溶融電流によって加熱された単一モードファイバーの光の強度特性を示す図。

【図3】ファイバーの終端からの発光強度の関数として溶融電流を示す図。

【図4】異なるファイバー種類について、溶融電流の関数として光の強度の実測値と計算値を示す図。

【図5】ファイバーの終端からの発光強度の関数として溶融電流の計算値を示す図。

【図6】自動的に溶融電流を選択するための手順のフローチャート。

【図7】光ファイバー接合装置の電気制御を示すブロック図。

【符号の説明】

1 ファイバー

3 電極

* 5 レンズ

7 TVカメラ

9 保持器

17 ドライバC.

19 ドライバCS.

21 ドライバC.

23 ビデオインターフェース

25 画像処理解析ユニット

29 汎用制御装置

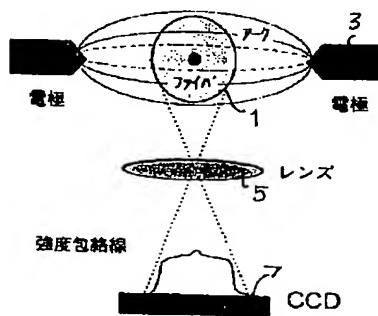
10 31 メモリ

33 計算回路

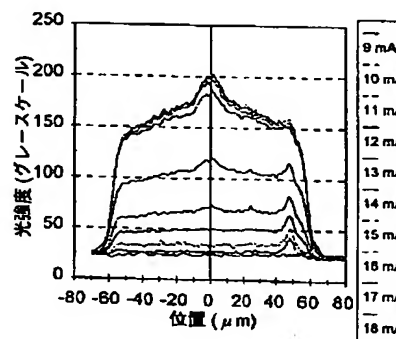
35 決定回路

*

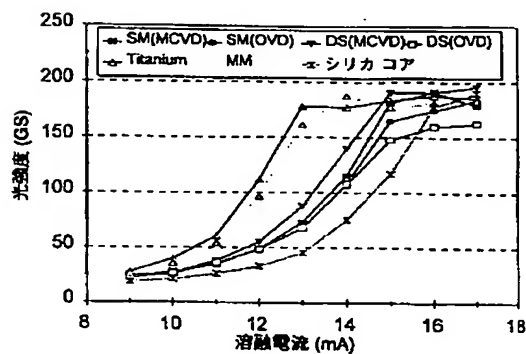
【図1】



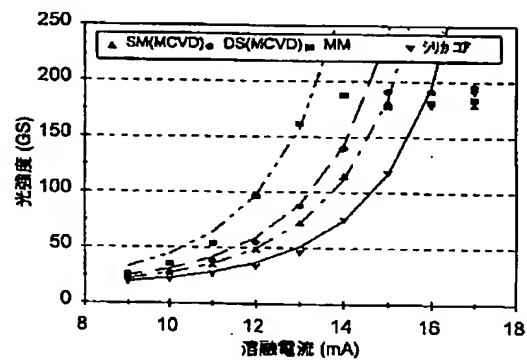
【図2】



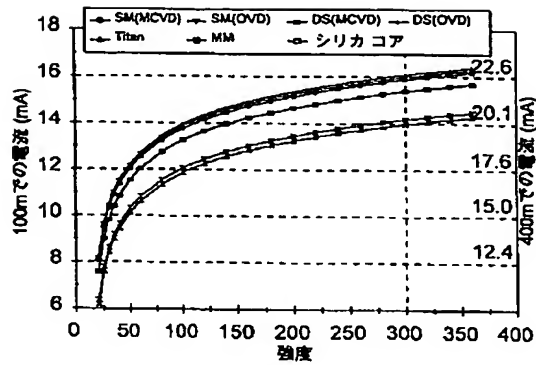
【図3】



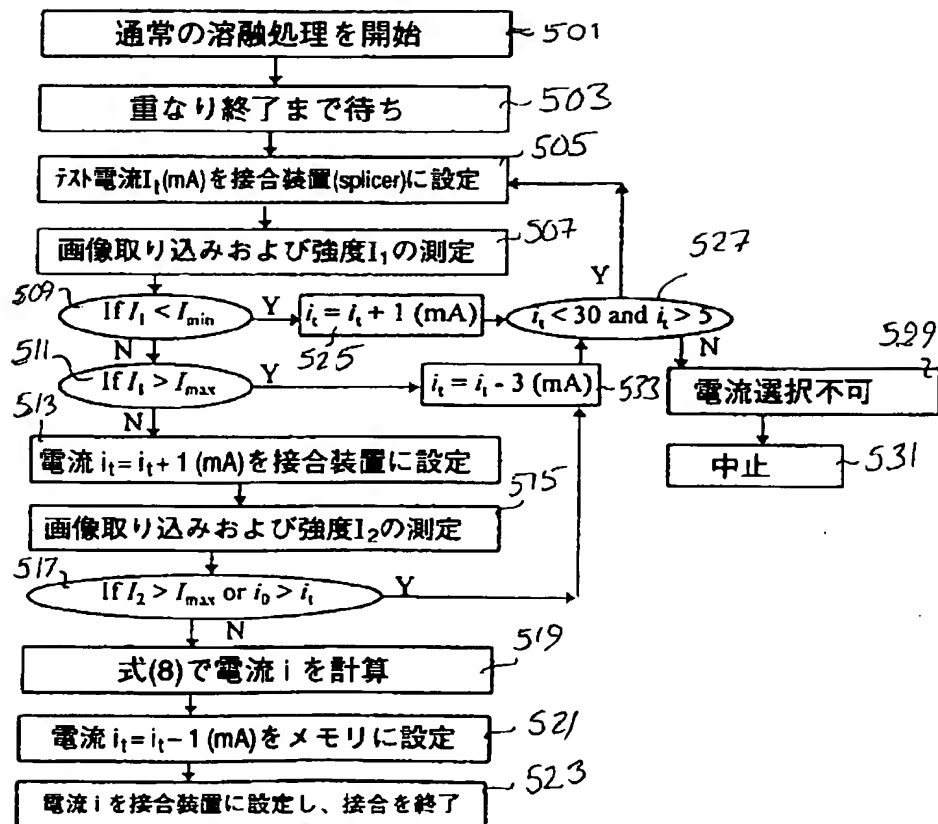
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

